

RIVISTA DI ASTRONOMIA E SCIENZE AFFINI

Bollettino della Società Astronomica Italiana

EDITO DALLA STESSA

Sede Principale: **TORINO, Via Maria Vittoria, num. 23**
presso la Società Fotografica Subalpina

Sommario: Sui campi magnetici delle macchie solari (G. E. HALE). — Sopra alcune opportune aggiunte alla Carta fotografica del Cielo (A. BEMFORAD). — Saturno ed i suoi anelli (I. DEL GIUDICE). — I Meteoriti nel secolo XIX. — Notizie astronomiche; I pianeti e fenomeni principali del novembre 1909. — Nuove adesioni alla Società. — Bibliografia. — Biblioteca sociale. — Errata corrige.



TORINO

TIPOGRAFIA G. U. CASSONE

Via della Zecca, 11.

1909.

SOCIETÀ ASTRONOMICA ITALIANA = TORINO =

Via Maria Vittoria, N. 23

presso la SOCIETÀ FOTOGRAFICA SUBALPINA

Fondata nel 1906

CONSIGLIO DIRETTIVO

Presidente: Dott. VINCENZO CERULLI — *Da gennaio a tutto giugno:*
Roma, via Palermo, 8. — *Da luglio a tutto dicembre:* Teramo,
Osservatorio Collurania.

Vice-Presidente: Geom. ILARIO SORMANO - Torino, via S. Domenico, 39.

Segretario: Dott. VITTORIO FONTANA - Torino, Palazzo Madama.

Consiglieri: Dott. CESARE AIMONETTI - Torino, via Assietta, 71. —
Prof. GIOVANNI BOCCARDI, Direttore R. Osservatorio Astrono-
mico - Torino, Palazzo Madama. — ARTURO CAUVIN - Torino,
corso San Martino, 8. — Cav. ANNIBALE COMINETTI - Torino,
piazza Vittorio Emanuele, 5.

Tesoriere: Dott. FELICE MASINO - Torino, via Maria Vittoria, 6.

Bibliotecario: Dott. BENEDETTO RAINALDI - Torino, Palazzo Madama.

Collaboratori:

Abetti prof. A., Arcetri. — Abetti dott. G., Monte Wilson (California). — Agamennone prof. G., Rocca di Papa (Roma). — Alasia de Quexada prof. C., Brindisi. — Alessio dott. A., Genova. — Andoyer prof. H., Parigi. — Bemporad prof. A., Catania. — Berberich prof. A., Berlino. — Boccardi prof. G., Torino. — Boddaert prof. P., Moncalieri. — Bottino-Barzizza dott. G., Milano. — Caldara prof. F., Palermo. — Cerulli dott. V., Teramo. — Del Giudice I., Firenze. — Fontana dott. V., Torino. — Gamba prof. P., Pavia. — Guerrieri dott. E., Capodimonte. — Hamy M., Parigi. — Holetschek dott. J., Vienna. — Levi-Civita prof. T., Padova. — Millosevich prof. E., Roma. — Palazzo prof. L., Roma. — Pizzetti prof. I., Pisa. — Rizzo prof. G. B., Messina. — Sacco prof. F., Torino. — Schiaparelli G., senatore, Milano. — Sormano geom. I., Torino. — Tonelli prof. F., Parma. — Venturi prof. A., Palermo. — Viaro prof. B., Arcetri. — Zanotti-Bianco prof. ing. O., Torino.

Avviso relativo alla Corrispondenza della Società.

1° L'invio delle quote sociali, degli abbonamenti alla Rivista, delle inserzioni, ecc. deve essere fatto al *Tesoriere* dottor FELICE MASINO, via Maria Vittoria, num. 6, Torino.

2° Per la redazione della Rivista e per l'ordinaria amministrazione della Società, indirizzare la corrispondenza al *Segretario* dott. VITTORIO FONTANA, Palazzo Madama, Torino.



MARTE

*Disegno fatto dal Sig. E. M. Antoniadi a Meudon,
al riflettore di 83 centimetri,
la notte del 20 settembre 1909, e mandato in dono al Presidente.*

RIVISTA DI ASTRONOMIA E SCIENZE AFFINI

Bollettino della Società Astronomica Italiana
(edito dalla stessa)

ABBONAMENTO ANNUO: per l'Italia L. 8,00 — Per l'Estero L. 10,00.
Un fascicolo separato: . L. 0,80 — . L. 1,00.

Direzione: **TORINO, Via Maria Vittoria, num. 23**
presso la Società Fotografica Subalpina

Deposito per l'Italia: Ditta G. B. PARAVIA E COMP. (Figli di I. Vigliardi-Paravia)
Torino-Roma-Milano-Firenze-Napoli.
per l'Estero: A. HERMANN, Libraire-éditeur, rue de la Sorbonne, 6, PARIS.

SUI CAMPI MAGNETICI DELLE MACCHIE SOLARI

di G. E. HALE ⁽¹⁾

Sappiamo già quanto stretti sieno i legami che uniscono l'astronomo al fisico. L'astronomo, infatti, si giova costantemente dei metodi di ricerca del fisico, e dal giorno in cui Galileo diresse al cielo il primo strumento ottico, l'astronomia non ha mai cessato di essere tributaria della fisica e di riceverne i più preziosi aiuti.

Appunto in questi ultimi anni sono state compinte importanti scoperte nella fisica, dietro cui seguirono immediatamente nuovi progressi nel campo dell'astrofisica.

Io mi propongo di esporre qui i principali risultati ottenuti all'Osservatorio di Monte Wilson applicando allo studio del Sole le recenti scoperte dell'ottica.

Monte Wilson fa parte della Sierra Madre: i suoi fianchi sono rocciosi e scoscesi, la sua vetta è in parte coperta da bosco.

Da questa vetta, alta 1760 metri sul livello del mare, si vede in generale molto distintamente la vallata di San Gabriel: ma non è raro il

(1) Conferenza tenuta alla Società francese di Fisica il 23 aprile 1909. Una conferenza sullo stesso soggetto fu tenuta in Roma presso la Società Italiana di Fisica il 2 giugno 1909. Il presente articolo è, col gentile consenso dell'illustre Hale, tradotto dalla relazione della conferenza di Parigi, stampata nel *Journal de Physique* del luglio 1909. La versione fu curata dal nostro egregio consocio, dott. Giorgio Abetti.

caso che essa sia coperta da nubi che vengono dalla parte dell'Oceano Pacifico. In inverno, quando il tempo è burrascoso, le nubi si innalzano e finiscono per coprire anche le cime della Sierra. Tuttavia il clima della California, e specialmente nella parte meridionale, dove si trova il Monte Wilson, è meravigliosamente adatto agli studi astronomici. Si avrà una idea esatta dello stato del cielo quando si sappia che nell'anno scorso si ebbero 304 giorni in cui fu possibile fotografare il Sole. Per ciò che riguarda la trasparenza dell'aria si potrà giudicarla dalla differenza che esiste fra due fotografie dell'ammasso Messier 35, fatte tutte e due da Mr. Barnard col telescopio Bruce, la prima all'Osservatorio Yerkes (alla altezza di 360 metri), la seconda sulla vetta di Mt. Wilson (1760 m.). Il tempo di posa fu eguale per ambedue le fotografie e Mr. Barnard nota che il gran numero di stelle visibili sulla lastra di Mt. Wilson dimostra chiaramente la superiorità di questa stazione per rispetto all'Osservatorio di Yerkes. Lo scopo che ci siamo proposti di seguire nel nostro Osservatorio si è lo studio della Evoluzione stellare; ma, prima di studiare le stelle, è necessario studiare il Sole con tutti i mezzi di cui possiamo disporre.

Il Sole è, in realtà, la sola stella che sia tanto vicina alla Terra da permetterci uno studio dettagliato della sua superficie e della sua atmosfera. È necessario, quindi, incominciare a rendersi conto molto esattamente dei fenomeni di cui è sede il Sole, se vorremo interpretare con successo i risultati dell'analisi della luce complessa che ci arriva dalle stelle; poichè lo spettro di queste consiste nella sovrapposizione degli spettri delle loro fotosfere, macchie, facule, cromosfere, protuberanze e corone. E fu per lo studio dei fenomeni solari che venne eretto a Monte Wilson, quattro anni fa, il telescopio Snow (v. fig. 1).

Un primo specchio piano montato in un celostato (v. fig. 2), invia la luce solare su un secondo specchio piano che la riflette verso il nord su uno specchio concavo di 18 metri di distanza focale. Tutto l'apparecchio è montato in una costruzione fatta in modo da mantenere la temperatura dell'aria interna eguale a quella esterna. L'immagine del Sole formata dallo specchio concavo ha un diametro di 17 cm. e può essere fotografata o direttamente nel modo consueto o collo spettroeliografo. Nel primo caso si ottiene una immagine che rappresenta il Sole tal quale come lo si vedrebbe in un cannocchiale. I soli fenomeni notevoli che presenta questa immagine sono le macchie e le facule situate vicino ai lembi. Le macchie, viste in condizioni favorevoli, hanno una struttura estremamente complessa, che cambia d'ora in ora e spesso di minuto in minuto sotto

l'occhio dell'osservatore. Il carattere generale di questa struttura apparisce chiaramente nelle notevoli fotografie di Janssen. Ma finora la fotografia non è riuscita a registrare i delicati dettagli che Langley ha così fedelmente riprodotto col disegno. Benchè il Sole sia stato assiduamente osservato dall'epoca di Galileo, pure la nostra conoscenza delle macchie non ha progredito così rapidamente come si sarebbe desiderato. Per



Fig. 1. — TELESCOPIO SNOW.

esempio, noi non sappiamo ancora con certezza se le macchie si trovano ad un livello superiore od inferiore a quello della fotosfera. Quanto al modo di formazione delle macchie, la molteplicità delle teorie emesse dagli astronomi per spiegarlo è la prova migliore della difficoltà della questione. Fra queste teorie quella di Faye è stata accettata da molti fra i più distinti astronomi. Secondo Faye, la formazione delle macchie è dovuta all'ineguale durata di rotazione dei diversi punti della fotosfera. Nella vicinanza dell'equatore solare, un punto della superficie compie una rivoluzione in 25 giorni; avanzando verso i poli la durata della rivoluzione cresce e, per esempio, alla latitudine di 45° essa raggiunge 27

giorni e mezzo. Così che ai due lembi nord e sud di una macchia la velocità del movimento non è esattamente la stessa. Faye attribuisce a questa differenza di velocità la formazione dei vortici, che non sarebbero altro che le macchie stesse.

Questa teoria sembra confermata dalla struttura stessa delle macchie, che si presenta talvolta coll'apparenza di un vortice, ma questa apparenza non si vedrebbe che in un piccolissimo numero di macchie, circa il 6 per cento. Inoltre è stato provato che la teoria di Faye non basta a spiegare completamente la formazione delle macchie, a cagione della debole differenza di velocità dei loro bordi nord e sud.

Tuttavia la teoria dei vortici, nelle diverse forme immaginate da molti scienziati, occupa un posto importante nelle teorie solari. In conseguenza della grande mobilità dei gas dell'atmosfera solare, l'esistenza dei vortici e dei cicloni pare che possa esserci rivelata dal modo stesso di distribuzione di questi gas. Lo studio di essa non può farsi col semplice cannocchiale, ma è necessario l'uso dello spettroeliografo.

Esaminiamo dapprima una fotografia diretta del Sole. In essa non si vedono che gruppi di piccole macchie; invece una fotografia presa collo spettroeliografo presenta un aspetto del tutto differente. L'immagine ad es. ottenuta nella luce della riga $H\alpha$ del calcio mostra la distribuzione del vapore di calcio nell'atmosfera solare al di sopra delle macchie. È una nube enorme di calcio, la quale non mostra nè movimento vorticoso, nè correnti atmosferiche; ma eleviamoci ancora sull'atmosfera solare ed adoperiamo la luce del raggio rosso dell'idrogeno: la fotografia ottenuta in queste condizioni non è affatto somigliante alle precedenti, così che riesce difficile credere che le tre fotografie rappresentino la medesima regione del disco solare nello stesso istante.

Al livello superiore i flocculi neri dell'idrogeno rivelano un movimento ciclonico attorno al gruppo delle macchie. Questa struttura è caratteristica e, lungi dall'esser rara, si riscontra attorno alla maggior parte di gruppi di macchie, quando essi vengano fotografati in buone condizioni atmosferiche nella luce della riga $H\alpha$ dell'idrogeno. Questi flocculi ricordano in modo sorprendente i meravigliosi disegni di macchie solari del Langley. Ma il mistero delle macchie solari è lungi dall'essere chiarito e molte ricerche saranno necessarie per spiegare completamente i fenomeni registrati dallo spettroeliografo. Esaminiamo qualcuna delle fotografie ottenute colla riga $H\alpha$. Una macchia fotografata il 29 maggio dell'anno scorso presenta attorno alla macchia un vortice ed al sud un gran flocculo nero. L'altezza della massa del gas di questo flocculo non può es-

sere determinata, ma il 26 maggio, quando la macchia era vicina al lembo, la protuberanza che ha dato questa immagine oscura aveva l'altezza di 27.000 km. Di giorno in giorno si poteva constatare chiaramente che il flocculo si dirigeva lentamente verso la macchia senza rilevanti cambiamenti di forma. Ma il 3 giugno si produceva una rapida trasformazione: ed a 5^h 13^m un lungo prolungamento del flocculo si di-



Fig. 2. — CELOSTATO DEL TELESCOPIO SNOW.

rigeva verso la macchia. L'ultima fotografia della serie, presa a 5^h 22^m, mostra che il movimento si è mantenuto ad una velocità che è dell'ordine di 100 km. al secondo. Di più, la macchia presentava due nuclei, ciascuno dei quali parve fosse un centro di attrazione, poichè il prolungamento del flocculo dividevasi in due rami, che si precipitavano ognuno nei due nuclei della macchia. Sembra dunque che abbiamo assistito al fenomeno di assorbimento di una enorme massa di idrogeno da parte di un vortice.

È interessante notare che i grandi vortici dell'emisfero boreale ed australe del Sole sembrano ruotare in senso opposto, come è il caso dei

cicloni terrestri. Ma questa non è una regola senza eccezioni, perchè troviamo infatti nel medesimo emisfero fra i piccoli vortici qualcuno che ruota in senso inverso dei grandi vortici.

Evidentemente noi non possiamo ancora pronunziarci sulla natura dei vortici solari. Però è possibile che molti fra i fenomeni importanti che si osservano nei vortici sieno dovuti, non già a movimenti reali dei gas, ma a cambiamenti sopravvenuti nel loro stato fisico: cambiamento di temperatura, di pressione, ecc. Questa ipotesi ci è stata suggerita dallo studio delle nostre fotografie e soprattutto dall'esame di una lunga serie di pose che si sono fatte passare nel cinematografo.

Ammettiamo per il momento che le macchie solari sieno prodotte da grandi vortici ed esaminiamo quali conseguenze se ne possano dedurre. Sono noti gli effetti prodotti da una corrente elettrica che circola in un solenoide. Le linee di forza del campo magnetico che ne risultano sono parallele all'asse del solenoide e la loro intensità è determinata dal diametro del solenoide, dal numero delle spire e dalla intensità della corrente. L'esperienza di Rowland ci dimostra che il rapido movimento di un corpo carico di elettricità provoca un campo magnetico, quindi allorchè un vortice solare metterà in rapida rotazione un numero sufficiente di particelle cariche di elettricità, ne risulterà un campo magnetico sensibile. Ma quali ragioni abbiamo noi per ammettere l'esistenza di particelle cariche di elettricità nel Sole e come potremo mettere in evidenza il campo magnetico se esiste? È noto che un filo metallico caldo o il filamento di una lampada ad incandescenza emette dei corpuscoli carichi di elettricità. Questa proprietà di emettere dei corpuscoli ad una altissima temperatura è propria del carbone e di tutti i metalli o solidi o allo stato di vapore. Poichè dunque nel Sole si ritrovano gli stessi corpi che esistono sulla Terra, noi abbiamo ragione di credere che esso emetta un gran numero di questi corpuscoli, ed avendo Thomson dimostrato, che un filamento di carbone al suo massimo di incandescenza può produrre una corrente di parecchi ampère per centimetro quadrato, ci si concederà di ammettere che sul Sole si possono sviluppare delle correnti ancor più potenti. Ci sembra dunque probabile che la circolazione di corpuscoli nei vortici solari possa produrre dei potenti campi magnetici. Se le cose stanno in questo modo lo spettro delle macchie solari deve presentare il fenomeno di Zeeman. È noto che se una sorgente luminosa si trova in un campo magnetico, e se ne osserva il suo spettro in direzione parallela alle linee di forza del campo, ciascuna riga si sdoppia. La distanza fra le due componenti delle doppiette così pro-

dotte dipende dall'intensità del campo e di più, ciò che caratterizza queste doppiette magnetiche, e le distingue dalle altre di diversa origine, si è che la luce delle due componenti è polarizzata circolarmente in senso opposto. Ciò stabilito, consideriamo una macchia solare al centro del disco e supponiamo che essa dia origine ad un vortice il cui asse si trovi sulla retta che passa per l'occhio dell'osservatore e la macchia.



Fig. 3. — TELESCOPIO A TORRE. (In fondo il padiglione del telescopio Snow).

In queste condizioni se un campo magnetico intenso è prodotto dal vortice, le linee spettrali dovute ai vapori che si trovano nel campo dovranno allargarsi e trasformarsi in doppiette; inoltre la luce delle componenti di queste deve essere polarizzata circolarmente in senso opposto. Però potremo domandarci se questi fenomeni si osserverebbero anche colle linee nere dello spettro delle macchie, poichè il fenomeno Zeeman non era stato finora constatato che per le linee lucide di emissione dei gas. Ma le esperienze di Zeemann, Cotton, Koenig e di altri ci mostrano che le righe nere prodotte dall'assorbimento dei gas delle macchie possono comportarsi esattamente come le righe lucide. Lo spettro delle

macchie solari è stato osservato per la prima volta da Lockyer nel 1866, ed egli ha scoperto che parecchie linee dello spettro solare erano allargate su tutta l'estensione delle macchie. L'osservazione di tali righe allargate è stata poscia continuata sistematicamente da un grande numero di osservatori. Fra questi si distinse Young che fece le sue ultime osservazioni con un potente spettroscopio a reticolo, fissato al fuoco del rifrattore di 82 cm. di apertura dell'Osservatorio Princeton. Young è il primo che mostrò come parecchie righe appartenenti allo spettro delle macchie fossero delle doppiette serrate. Mitchell, che lavorò dapprima col prof. Young, e più tardi da solo, ha studiato in modo speciale queste doppiette che egli trovò in gran numero specialmente all'estremità rossa dello spettro.

Egli le chiamò « righe invertite » perchè le supponeva prodotte dalla irradiazione di uno strato caldo di gas soprastante alla macchia e che produce una sottile riga lucida al centro di una oscura allargata. Inversioni aventi probabilmente questa origine si osservano nel caso delle linee H e K dello spettro delle macchie, e si comprende come Mitchell attribuiva il fenomeno in apparenza identico delle doppiette ad una tal causa. Quanto all'allargamento presentato dalle righe oscure, fu supposto dovuto ad un aumento di densità dei gas delle macchie. I differenti aspetti presentati dalle righe nello spettro delle macchie sono chiaramente visibili in un disegno dovuto a Mitchell. Oltre alle righe ordinariamente allargate ed invertite noi troviamo in certi casi una linea centrale nera accompagnata da frange e in altri casi assottigliata o quasi completamente dilegnata. Si sono ottenute buonissime fotografie degli spettri delle macchie solari coll'aiuto dello spettrografo di 5,40 metri di distanza focale applicato al telescopio Snow, ma l'esperienza provò che sarebbe necessaria una lunghezza focale maggiore per sdoppiare le righe. Inoltre noi, con buona ragione, credevamo che un telescopio disposto verticalmente dovesse offrire dei grandi vantaggi; quindi, poichè il telescopio non era costantemente occupato per il lavoro collo spettroeliografo, siamo stati obbligati a costruire un nuovo telescopio disposto verticalmente in una torre (v. fig. 3). Tale installazione venne terminata nel 1907. L'istrumento consiste essenzialmente in un telescopio di 30 cm. di apertura e di 18 metri di distanza focale fissato nella torre e rivolto verso lo zenit. Qui l'ordinario tubo viene sostituito dall'ossatura leggera della torre in acciaio che è solidamente fermata con tiranti pure di acciaio. Lo specchio del celestato montato in sommità riflette i raggi solari su di un altro specchio che li manda verticalmente in basso sull'obiettivo. A diciotto

metri sotto il medesimo e nel suo piano focale si forma una immagine del sole di 16 cm. di diametro sulla fessura di uno spettroscopio alto 90 cm. sul suolo. La luce di una regione qualsiasi dell'immagine solare, per esempio di una macchia, dopo aver attraversato la fessura discende verticalmente in un pozzo profondo 9 metri, scavato sotto la torre. Quindi a 9 metri dalla fessura i raggi divergenti incontrano un obbiettivo di 15 cm. di diametro, lo attraversano ed escono paralleli cadendo poscia su di un reticolo piano di Rowland avente 568 righe per millimetro.

Il reticolo disperde la luce in un certo numero di spettri, che vengono rinviati verso il medesimo obbiettivo, che a sua volta ne forma delle immagini al proprio fuoco situato presso la fenditura.

Facendo ruotare il reticolo di un piccolo angolo, l'immagine dello spettro si forma in un punto posto accanto alla fessura ed ivi trovasi la lastra fotografica. Questo metodo permette di fotografare una regione dello spettro di 43 centimetri di lunghezza in una sola volta.

Nelle nostre ricerche sulle macchie solari, la maggior parte delle fotografie sono state fatte con gli spettri del terzo ordine, di cui il potere risolutivo e la dispersione sono considerevoli.

Le disposizioni che noi abbiamo adottate nella costruzione dello spettrografo e del telescopio offrono dei grandissimi vantaggi: sia per il grande spessore degli specchi, sia per l'altezza del celostato al disopra del suolo e per la direzione verticale data al fascio dei raggi, per cui la definizione dell'immagine solare è sempre molto più soddisfacente che nel telescopio Snow. Un altro vantaggio importante consiste nella costanza della temperatura che regna al fondo del pozzo dove trovasi il reticolo. In grazia dunque di tale disposizione si possono fare lunghe pose quando ciò è necessario, senza temere che le righe spettrali vengano spostate per il fatto di una variazione della temperatura. Il reticolo dello spettrografo è di piccole dimensioni; io l'ho impiegato quasi costantemente, con spettroscopi più piccoli, dal 1889 in poi. Però, data la grande distanza focale di cui si dispone attualmente, si possono separare le righe vicine sulla lastra fotografica con altrettanta facilità quanta nelle osservazioni visuali. Appunto per tale potere risolutivo noi abbiamo potuto fotografare non soltanto le righe allargate e le doppie dello spettro delle macchie, ma altresì una moltitudine di linee strette, di cui la maggior parte appartiene a composti chimici.

Il tempo mi manca questa sera per parlarvi di diversi studi fatti con questo strumento sullo spettro delle macchie, prima che io cominciassi le ricerche che mi condussero a scoprire un campo magnetico nelle

macchie stesse. Dirò soltanto che un catalogo delle righe dello spettro delle macchie solari è quasi condotto a termine e che una carta preliminare già stampata sarà presto seguita da un'altra più perfetta che è in preparazione. Una serie di ricerche fatte sullo spettro dell'arco e dei forni elettrici ci ha condotto ad ammettere che l'aumento d'intensità e l'indebolimento di certe righe sono probabilmente dovuti a variazioni di temperatura nei gas delle macchie.

Occupiamoci ora a ricercare la causa che produce l'allargamento e lo sdoppiamento delle righe dello spettro delle macchie. Ecco il metodo che io ho impiegato in queste ricerche. Al disopra della fessura dello spettrografo è stato posto un nicol e su di esso un parallelepipedo di Fresnel. Se le componenti di una doppietta dello spettro di una macchia fossero state polarizzate circolarmente in sensi opposti, il passaggio della loro luce attraverso il parallelepipedo di Fresnel avrebbe dato due raggi polarizzati rettilineamente, coi piani di polarizzazione formanti fra loro un angolo di 90° . Ne segue che, in una certa posizione del nicol, una sola delle componenti sarà visibile, mentre che, girando il nicol di 90° , l'altra componente apparirà e si estinguerà la prima.

Allorchè tal metodo venne applicato allo strumento della torre, si scoprì il vero carattere delle doppiette dello spettro delle macchie. A seconda dell'orientazione che si dava al nicol, l'una o l'altra delle componenti delle doppiette scompariva a volontà, precisamente come Zeeman aveva sperimentato nel suo laboratorio. A causa dell'apparenza caratteristica delle doppiette di Zeeman, questa esperienza avrebbe potuto bastare alla prova dell'esistenza del campo magnetico nelle macchie solari.

Ma ciò che è molto notevole nel fenomeno Zeeman è il fatto che esso conduce a numerose conseguenze che possono essere verificate dall'esperienza. I primi lavori di Zeeman ci hanno per esempio insegnato che, se l'intensità di un campo magnetico è insufficiente a separare completamente le componenti di una doppietta, i bordi della riga allargata che ne risulta, sono polarizzati circolarmente in sensi opposti. Per conseguenza quelle righe che sono allargate, ma non sdoppiate nello spettro delle macchie, devono cambiare di posizione allorchè si fa girare il nicol; ora ciò è precisamente quanto è stato osservato. Di più si sa che le righe che costituiscono le scanalature degli spettri a bande dei corpi composti, non sono in generale influenzati da un campo magnetico. In conseguenza, per analogia, le scanalature dello spettro di una macchia solare non devono spostarsi quando si faccia girare il nicol; tale conseguenza della teoria si è pure verificata.

Un'esperienza ancora più interessante venne suggerita da un altro fenomeno che si osserva nei laboratori. Sappiamo che quando si osservi parallelamente alle linee di forza una doppietta, in cui una delle componenti è stata estinta dal nicol, l'inversione della corrente che circola nell'elettromagnete ha per effetto di estinguere la componente visibile e di fare apparire l'altra.



Fig. 4. — LABORATORIO DI SPETTROSCOPIA A MONTE WILSON.

Seguendo la nostra ipotesi, l'inversione del senso di rotazione del vortice nel Sole equivale all'inversione del senso della corrente nella bobina dell'elettromagnete. Ne segue quindi che la componente meno rifrangibile di una doppietta sarà invisibile allorchè il vortice girerà in un certo senso, mentre diventerà a sua volta invisibile l'altra componente allorquando il vortice girerà in senso contrario. Fortunatamente l'esperienza potè essere attuata presentandosi di qua e di là dell'equatore solare delle macchie vorticoso rotanti in sensi opposti.

Queste esperienze hanno condotto a risultati in perfetto accordo colla nostra ipotesi.

Finora noi abbiamo considerato i fenomeni che si osservano parallelamente alle linee di forza di un campo magnetico; ma una riga spettrale, che è semplicemente sdoppiata in queste condizioni, è generalmente divisa in tre componenti allorchè l'osservazione vien fatta perpendicolarmente alle linee di forza. Le componenti di una doppietta polarizzata circolarmente si trasformano in componenti polarizzate rettilinearmente occupanti la stessa posizione, mentre poi un'altra riga appare in mezzo ad esse. La luce di questa riga centrale è anch'essa polarizzata rettilinearmente, con la direzione delle vibrazioni parallela al campo, mentre che il piano di polarizzazione delle altre due righe fa un angolo retto colla direzione del campo. Per conseguenza, allorchè una macchia è trasportata per la rotazione del Sole vicino al lembo, noi dovremo aspettarci di vedere le doppiette trasformarsi in triplette, se esse realmente provengono da un campo magnetico.

Ora l'osservazione ci mostra che in tale caso non apparisce la linea centrale, ciò che a prima vista sembrerebbe un serio argomento contro l'ipotesi magnetica.

Ma noi vedremo subito che esperienze di laboratorio tolgono di mezzo questa difficoltà.

Da ciò Voi comprendete quanto sia importante per l'astrofisica di poter condurre ad un tempo colle osservazioni astronomiche le ricerche di laboratorio, e su tale necessità io ho insistito fino dal principio dei miei lavori. All'Osservatorio di Kenwood nel 1888 organizzai un laboratorio di spettroscopia; così pure all'Osservatorio Yerkes intrapresi ricerche fisiche per interpretare le mie osservazioni astronomiche. Attualmente il nostro laboratorio è stato costruito a Pasadena, ai piedi del Monte Wilson (v. fig. 4). Esso è provvisto di forni elettrici di forme diverse, di apparecchi per lo studio dell'effetto della pressione sugli spettri, ecc. Di più, siccome dalla fondazione dell'Osservatorio mi parve indispensabile di studiare il fenomeno Zeeman per l'interpretazione di alcuni fenomeni solari e stellari, ci siamo procurati un potente elettromagnete con i necessari apparecchi accessori. Una scintilla intensa che scocca fra gli elettrodi metallici nel campo dell'elettromagnete dà una buonissima sorgente di luce. Un gran numero di righe doppie negli spettri delle macchie solari essendo dovuto al ferro, si adoperò esclusivamente questo metallo nelle prime esperienze. Lo spettro fu fotografato sotto differenti angoli in rapporto alle linee di forza con un potente spettrografo simile in tutto a quello della torre e posto anch'esso in una camera sotterranea del laboratorio.

Si deve alle esperienze eseguite con tali apparecchi se si potè spiegare il modo speciale di comportarsi delle doppiette del ferro nello spettro delle macchie solari. Noi abbiamo detto che queste doppiette non si risolvono in triplete allorchè esse vengono osservate al lembo del Sole, cioè a dire secondo la direzione perpendicolare alle linee di forza; ora le esperienze di laboratorio hanno provato che in realtà queste doppiette non si trasformano in triplete, ma bensì in quadruplette, cioè a dire in doppiette nelle quali ciascuna delle componenti è una linea doppia molto stretta. Nel campo magnetico delle macchie solari, che è molto più debole dei campi generalmente adoperati nei laboratori, le righe doppie che costituiscono le componenti delle doppiette non possono essere separate. Così dunque nello spettro delle macchie solari non si vedono che doppiette semplici, qualunque sia la posizione che occupa la macchia sulla superficie del Sole.

La distanza fra le componenti delle doppiette o delle triplete prodotte dal campo magnetico varia molto a seconda delle differenti righe che si prendono a considerare. Alcune linee, che del resto fanno eccezione, non sono influenzate dal campo magnetico; altre sono semplicemente allargate, ed altre ancora sono distintamente e talvolta largamente separate.

Perciò è importante confrontare l'allargamento e la distanza di due righe nello spettro delle macchie solari coll'analogo fenomeno prodotto da un campo magnetico terrestre. Fatte poche eccezioni, di cui la maggior parte può esser messa in conto alle linee che appartengono ad elementi estranei e che quasi si sovrappongono alle righe studiate, i risultati delle osservazioni solari e le ricerche dei laboratori si accordano in modo soddisfacente.

La seguente tabella dà lo scarto delle componenti di alcune doppiette e triplete del ferro in una macchia e nella scintilla. Nella seconda colonna intitolata « $\Delta\lambda$ Scintilla » viene data la distanza fra le componenti di certe righe osservate nel laboratorio. Essendo l'intensità del campo magnetico impiegato nelle nostre esperienze di laboratorio circa 5,1 volte maggiore dell'intensità del campo magnetico delle macchie, abbiamo diviso i numeri della seconda colonna per 5,1 e abbiamo ottenuto così i numeri della terza. Gli scarti così calcolati sono perfettamente paragonabili a quelli osservati nelle macchie che si trovano nella colonna quarta. Infine la quinta, che contiene le differenze delle due precedenti, mostra il soddisfacente accordo fra le osservazioni solari e le ricerche di laboratorio.

Longhezza d'onda	$\Delta\lambda$ Scintilla	$\Delta\lambda$ Scintilla 5.1	$\Delta\lambda$ Macchia	ϵ	$\Delta\lambda$ Scintilla $\Delta\lambda$ Macchia
6213,14	0,703	0,138	0,136	— 0,003	5,2
6301,72	0,737	0,144	0,138	— 0,006	5,3
6302,71	1,230	0,241	0,252	+ 0,011	4,9
6337,05	0,895	0,175	0,172	— 0,003	5,2

Poichè l'intensità del campo del nostro elettromagnete era di circa 15000 gauss, l'intensità del campo nella macchia doveva essere circa 15000 diviso per 5,1, cioè a dire 2900 gauss. I più potenti campi misurati finora sulle nostre fotografie degli spettri delle macchie arrivano fino a circa 4500 gauss, e corrispondono ad uno scarto delle righe maggiore di quell'o indicato nella superiore tabella.

Confrontando allo stesso modo le differenti righe del titanio e del cromo nelle macchie solari e nella scintilla, si sono trovati risultati meno concordanti di quelli dati per il ferro. D'altra parte si era già osservato che certe righe, come la D del sodio e le righe *b* del magnesio, che probabilmente si trovano ad un livello molto più alto della maggioranza delle linee dello spettro delle macchie, sono poco allargate nel Sole, quantunque esse siano fortemente influenzate in un campo magnetico nelle esperienze di laboratorio. Questo fatto sembra indicare che l'intensità del campo nelle macchie decresce rapidamente a livelli più alti, al disopra delle macchie stesse. In tali condizioni si comprende che le righe degli elementi che si trovano a livelli superiori al medio devono essere molto debolmente sdoppiate dal campo magnetico di una macchia. Sembra dunque che si possa in tal modo spiegare il disaccordo che si constata fra i risultati ottenuti sul Sole e nel laboratorio quando si opera col titanio e col cromo.

Una nuova esperienza importante è stata suggerita dal fenomeno ben conosciuto che è fondato sulla legge di Preston. Secondo questa legge la distanza fra le componenti delle righe di una serie, che un campo magnetico separa, varia in ragione diretta del quadrato della lunghezza d'onda. Noi abbiamo trovato che questa legge si applica anche nel caso di un metallo le cui righe, come quelle del ferro, non possono essere raggruppate in serie, alla condizione però che si considerino gli scarti medi di un numero sufficiente di righe. Tenendo conto di questa legge, noi dobbiamo aspettarci che l'allargamento delle righe nelle macchie decresca rapidamente verso il violetto e che lo scarto delle doppiette diminuisca nello stesso modo. Ora questo è precisamente quanto risultò dall'esame degli spettri delle macchie.

Ma ben presto si venne a scoprire che lo spettro normale delle macchie contiene sempre delle triplette oltre che doppiette. Le triplette sono assai difficili a riconoscersi, perchè la riga centrale si confonde quasi con le altre due componenti, ed altresì nella maggior parte dei casi le tre righe non sono distintamente separate con il potere risolutivo di cui si dispone. Poichè si osservano queste triplette anche quando la macchia è molto vicina al centro del disco solare, bisogna ammettere che, qualunque sia la posizione della macchia sul Sole, essa invia della luce in direzioni che fanno degli angoli considerevoli colle linee di forza.

In una tripletta normale osservata in laboratorio la linea centrale ha una intensità doppia di quella delle componenti situate da ciascun lato, quando venga osservata ad angolo retto con le linee di forza, mentre sparisce completamente osservandola parallelamente a quelle. Ne segue che, misurando il rapporto della intensità delle righe laterali e centrale di una tripletta, si può determinare l'angolo formato dalle linee di forza col raggio visuale. Nel caso delle macchie solari le determinazioni di intensità che si sono potute fare fin qui non sono sufficienti a dare la misura di quest'angolo con precisione, tuttavia sembra che sia compreso fra 30° e 60° quando la macchia è vicina al centro del Sole. In conseguenza, se si ammette l'ipotesi di un campo magnetico prodotto dal vortice di una macchia, il suo asse, invece di esser diretto lungo un raggio, come si suppone dapprima, farà un angolo colla superficie della fotosfera molto inferiore a 90° (1).

Il breve tempo di cui dispongo non mi permette che una breve rassegna di qualche altra ricerca ora incominciata.

Nelle esperienze di laboratorio la riga centrale delle triplette è polarizzata in un piano parallelo al campo magnetico. Ne risulta che, se la luce passa semplicemente attraverso un nicol senza attraversare il parallelepipedo di Fresnel, sarà possibile estinguere la riga centrale, orientando convenientemente il nicol, e la tripletta si ridurrà allora ad una doppietta. Ora queste esperienze, ripetute sulle triplette che si osservano nello spettro delle macchie, hanno dato dei risultati conformi alle previsioni. Inoltre questo modo di esaminare le righe permette di riconoscere facilmente le triplette che sono troppo chiuse per distinguerne le componenti senza l'estinzione della riga centrale.

(1) Ma prima di pronunciarsi definitivamente sul valore di questo angolo, bisognerà tuttavia tener conto delle ricerche di Maculuso e Corbino sull'intensità delle righe delle triplette. La polarizzazione prodotta dal reticolo e dai due specchi del telescopio della torre, dovrà essere altresì presa in considerazione.

Chindendo faremo le osservazioni seguenti: l'inclinazione dell'asse dei vortici delle macchie, indicato dalla intensità della linea centrale delle triplette, sembra favorevole alla teoria delle macchie solari di Emden. Seguendo tale teoria i fenomeni di convezione che si producono nell'interno del Sole hanno per effetto di condurre costantemente alla superficie delle masse di gas sovrariscaldate, che tendono a conservare la velocità di rotazione relativamente debole di cui esse erano animate nelle regioni vicine all'asse del Sole. Mentre tali masse gassose si elevano al disopra della superficie, esse vengono sostituite nella parte inferiore da gas relativamente freddi, animati da velocità maggiori di quelle che avevano al livello della fotosfera. Alle differenti superficie di separazione di queste masse gassose, delle onde simili a quelle che si producono nell'Oceano sotto l'azione del vento vengono a spostarsi con differenti velocità. Allorquando una di queste onde si innalza e si frange, essa dà luogo ad un grande vortice, che sarà mantenuto dalle velocità relative delle superficie contigue. Emden ha determinato col calcolo le forme approssimative che devono avere queste superficie nell'interno del Sole. Secondo la teoria di Emden gli assi dei vortici devono trovarsi in un piano passante per l'asse del Sole o tutto al più in un piano molto vicino.

Ai poli del Sole, là dove una macchia non può evidentemente formarsi, perchè ivi fanno difetto le condizioni necessarie alla sua produzione, l'asse del vortice coinciderebbe coll'asse del Sole. Nella vicinanza dell'equatore la curvatura dell'asse del vortice sarebbe massima. Si capisce pure che due macchie, che si trovano da una parte e dall'altra dell'equatore, possono costituire le estremità di un unico canale vorticoso. Il senso di rotazione sarà allora opposto nelle due macchie: quella dell'emisfero australe girerà nel senso degli indici dell'orologio, mentre che la macchia dell'emisfero boreale girerà in senso contrario. Questo fatto potè essere verificato una volta su fotografie ottenute collo spettroeliografo: su di esse si vedono le due macchie ruotare in sensi opposti e ciò in due apparizioni successive separate da una rotazione completa del Sole. Seguendo l'ipotesi che noi abbiamo fatto, i campi magnetici in queste macchie avrebbero dovuto avere polarità opposte. Ora questo fatto ebbe conferma parimente nelle due apparizioni. Inoltre, il 10 settembre 1908, i sigg. Fox e Abetti hanno fotografato collo spettroeliografo Rumford dell'Osservatorio Yerkes una immensa eruzione, che si estendeva su tutta la distanza compresa fra queste macchie. La relazione che sembra così esistere fra queste macchie dei due emisferi, e che è

confermata dalle osservazioni magnetiche, mi sembra un potente argomento in favore della teoria di Emden.

Il rapido decrescere della intensità del campo magnetico al disopra delle macchie, prova che l'azione di questo campo si fa debolmente sentire nelle alte regioni dell'atmosfera solare. Ad una distanza dal Sole eguale a quella della Terra, gli effetti magnetici di più macchie combinati insieme, nell'ipotesi di una stessa polarità, sarebbero dunque del tutto incapaci di spiegare le tempeste magnetiche terrestri. È necessario quindi, per spiegarle, di ricorrere ad un'altra teoria.

Il tempo mi manca per descrivere in dettaglio gli strumenti e i metodi impiegati nelle nostre ricerche stellari. Basterà dire che noi applichiamo gli stessi principi usati per le ricerche sul Sole, cioè facciamo una costante applicazione dei metodi di ricerca tanto fecondi, immaginati dai fisici. Mi sembra dunque che l'astronomo non possa che trarre il più grande profitto dalla cooperazione quanto mai completa col fisico.

SOPRA ALCUNE OPPORTUNE AGGIUNTE

ALLA

CARTA FOTOGRAFICA DEL CIELO

È noto che per disposizione precisa stabilita nelle Conferenze internazionali per la Carta fotografica celeste in corso di esecuzione in 18 Osservatori, dietro iniziativa dell'Osservatorio di Parigi, le lastre, sia del Catalogo (contenenti le stelle fino alla 11^a grandezza da sottoporre ad esattissime misure e a rigorose riduzione numeriche) sia della Carta celeste (contenenti le stelle fino alla 14^a, da riprodursi in forma di atlante stellare), devono portare impresso un reticolato di 26×26 quadratini di 5^{mm} di lato, che viene ad avere per la misura delle lastre fotografiche all'incirca lo stesso scopo e la stessa utilità, che hanno nelle misure al cerchio meridiano il cerchio graduato di declinazione e la striscia del cronografo.

Mentre però questo scopo è senz'altro chiaro ed evidente per le lastre del Catalogo, destinate, come s'è detto, a misure della più grande precisione, e che potrebbero dirsi un dono dell'Astronomia fisica all'Astronomia di posizione, non pare che possa dirsi lo stesso per la Carta,

destinata più specialmente ad una *rivista* o *rassegna* (Durchmusterung) di tutto il cielo stellato fino alla 14^a, e non già a misure sistematiche.

Una delle applicazioni pratiche più importanti della Carta è ad esempio l'identificazione dei pianetini nuovi (ormai quasi tutti di 13^a o men lucidi) fra le innumerevoli stelline d'ugual grandezza; e non del tutto a torto osservava l'ill. prof. Palisa (1), che per questa ricerca il reticolato a tratti rettilinei, i quali non hanno quasi nulla a che vedere colle immagini dei cerchi di declinazione e dei paralleli, reca più disturbo che altro. Egli passava quindi a proporre (col plauso della Società astronomica tedesca) una nuova Carta fotografica del Cielo di formato più piccolo (metà) di quello della Carta che diremo internazionale; di posa calcolata in modo da ottenere pure le stelle di 14^a e portante impresso un *reticolato curvilineo*, i cui tratti fossero le immagini, ossia le proiezioni centrali sul piano della lastra, di una rete di paralleli e di cerchi di declinazione, precisamente come si trovano nelle celebri carte della Bonner Durchmusterung.

L'idea del prof. Palisa veniva poi ulteriormente sviluppata con importanti semplificazioni nella parte pratica (impressione del reticolato e relative correzioni di centratura, di orientamento e di scala) dall'ottimo amico nostro dott. Luigi Carnera (2), di cui è ben nota la competenza speciale per la Fotografia celeste, non meno che per le osservazioni di latitudine.

Nulla avremmo da aggiungere alle considerazioni dei due chiarissimi autori, circa la convenienza di questa forma del reticolato, se non trovassimo eccessive alcune delle critiche mosse dal prof. Palisa contro l'uso del reticolato rettilineo, ed è appunto nostro intento mostrare qui come questa forma del reticolato (rettilineo) potrebbe con lievissime aggiunte completarsi in modo da fornire a vista i dati richiesti, A. R. e Decl. *approssimate* corrispondenti a date immagini stellari, mentre poi rimane indubbiamente superiore all'altra forma di reticolato (curvilineo) per quanto riguarda la esattezza del tracciato, e può quindi sempre fornire con calcolo rigoroso valori più precisi delle coordinate astronomiche α , δ corrispondenti ad una qualunque immagine.

(1) *Astron. Nachr.* 3933, pag. 28. Das störendste Moment beim Gebrauch der neuen Karten ist aber das auf denselben aufgetragene Netz, dessen Striche zwar mit der Richtung der Rektaszension und Deklination übereinstimmen aber durchaus nicht mit vollen Zeitminuten oder aliquoten Teilen des Grades, und dadurch wird eine rasche Orientierung ungemein erschwert.

(2) L. CARNERA: *Sulla nuova carta fotografica celeste*. Memorie della Società degli Spettroscopisti italiani. Vol. XXXIV, 1905.

Noi dicevamo sopra, pensatamente, che *non del tutto a torto* il professor Palisa trovava inutile, o addirittura dannoso l'uso del reticolato rettilineo per la ricerca dei pianetini. Egli può aver ragione infatti, se si intende di misurare i $\Delta\alpha$, $\Delta\delta$ dei vari oggetti *a equatoriale fermo*, vale a dire coll'uso di una coordinata rettilinea ($t\eta\Delta\delta$, misurata dalla vite micrometrica di declinazione) e di una coordinata sferica ($\Delta\alpha$, misurata in tempo); ma non sembra che si possa dire lo stesso, se si suppone di misurare i $\Delta\alpha$, $\Delta\delta$ (propriamente le corrispondenti tangenti) *a equatoriale mobile* coll'uso dei fili mobili in A. R. e in Decl., di cui sono provveduti i moderni micrometri. In questo caso infatti le letture eseguite sulle teste delle due viti micrometriche risultano senz'altro proporzionali alle coordinate rettilinee rilevabili a vista dalle carte internazionali, e quindi il confronto fra la carta e il cielo risulta estremamente facile, non occorrendo altro, se mai, che una breve tabellina per il passaggio dal valore del passo delle dette viti micrometriche al valore dell'unità di lunghezza delle carte internazionali ($1^{\text{mm}} = 1'$ d'arco).

Così pure sembra eccessivo il dire che i tratti del reticolato non corrispondano in alcun modo (*durchaus nicht*) a parti aliquote di minuti di tempo o di grado (1), perchè i tratti, orientati secondo i paralleli di declinazione distano fra loro in tutta la estensione della lastra con grandissima approssimazione di $5'$ cioè di $1/12$ di grado e l'influenza della curvatura dei paralleli (piccolissima in ogni caso nella zona in cui possono osservarsi i pianetini, specialmente considerata dal Palisa) può sempre venir considerata, come vedremo, con facile computo.

Ma anche per quanto riguarda le ascensioni rette, faremo vedere nelle righe seguenti e nel saggio grafico che accompagna questa nota (fig. 2) come con lievi aggiunte alle singole Carte internazionali, senza togliere il reticolato rettilineo, anzi giovandosi di questo, possa farsene il rilievo *a vista* coll'approssimazione *del secondo di tempo*, cioè, che è assai più di quanto occorra per le ordinarie applicazioni pratiche della Carta. Le aggiunte in questione possono essere di due sorta, possono cioè limitarsi a semplici indicazioni sul margine delle lastre, nel qual caso nulla si modifica nel campo della lastra propriamente detta, ovvero possono risultare di segni opportunamente disposti nel campo stesso, nel qual caso la formazione a vista delle coordinate sferiche α , δ riesce naturalmente più facile, ma si va incontro al pericolo che i detti segni aggiunti ai tratti del reticolato preesistente possano occultare qualche im-

(1) Cfr. la citazione già fatta in principio.

magine stellare. Poichè ciascuno di questi metodi presenta i suoi speciali vantaggi e inconvenienti, tratteremo successivamente di ambedue. In ultimo poi tratteremo di un altro complemento necessario della carta, per quanto riguarda le stelle contenute sulla negativa originale, ma troppo deboli per riuscire nelle riproduzioni, altro degli inconvenienti che vengono spesso rimproverati alla Carta internazionale.

1. *Tratti in margine.* — Per verità nessuna delle serie di carte celesti finora edite dai vari Osservatori partecipanti alla grande impresa porta alcun elemento di riduzione per agevolare l'ottenimento delle coordinate sferiche α , δ corrispondenti alle singole immagini stellari, fatta eccezione dei dati indispensabili, come le coordinate del centro della lastra, il rapporto medio fra i minuti d'A. R. e i mm. e simili. Eppure sarebbe ben facile aggiungere sul larghissimo margine delle dette carte almeno l'indicazione dei *minuti interi* d'asc. retta e delle decine di *minuto d'arco* per le declinazioni, tanto più che gli errori di posizione e di scala delle lastre sono ormai ridotti così piccoli che i tratti relativi alle dette indicazioni non variano sensibilmente da una lastra ad un'altra della stessa zona, e potrebbero senz'altro venir impressi preventivamente sulle piastre di rame destinate alla riproduzione della carta.

Il calcolo rigoroso delle posizioni dei detti tratti per le A. R. (sono questi che più interessano, non sussistendo un rapporto semplice, costante per tutta la lastra, fra i minuti primi d'arco e i minuti di tempo, fuori che all'equatore) è cosa di pochi minuti, quando si posseggano le costanti della lastra (1), e ancora più sollecito è un calcolo approssimativo, quando si ammettano come nulle le costanti, ossia come trascurabili gli errori di centratura, d'orientamento e di scala della stessa lastra.

Si tratta in sostanza di calcolare l'ascissa x (rispetto agli assi centrali del reticolato rettilineo) avendo la differenza Δx (fra l'A. R. dei tratti considerati e il centro della lastra) e l'ordinata $y = \pm 65'$, se vogliamo segnare questi tratti proprio sugli orli estremi Nord e Sud della lastra. Ora fra le coordinate *misurate* x, y per un punto qualunque della lastra e le coordinate corrette X, Y passano le relazioni

$$1) \quad \begin{cases} X = x + cy - bx + a \\ Y = y - cx - by + a' \end{cases}$$

(1) E' da notare che quasi tutti gli Osservatori che fanno la Carta hanno già molto inoltrati i lavori del Catalogo, per le cui lastre si posseggono quindi le costanti, e questo facilita moltissimo, come accenneremo nel seg. §, il calcolo delle costanti per le corrispondenti lastre della carta.

dove a , a' , b , c indicano le costanti della lastra (rispettivamente errore di centratura in x e in y , errore di scala, errore di inclinazione).

Fra le coordinate corrette X , Y e Δx sussiste d'altra parte la relazione (accennata primamente dall'ill. dott. V. Cerulli (1))

$$2) \quad X = X_0 + pY$$

dove X_0 e p sono due certe funzioni di Δx già disposte in tavole (2) per tutta la zona di Catania (da $+ 47^\circ$ a $+ 54^\circ$) coll'argomento Δx , che nel caso attuale è da porre $= 1^m, 2^m, \dots$. Essendo date allora (come nel caso nostro) Δx e y , si comincerà a calcolare un valore approssimato di X dalla 2) ponendovi per Y il valore $y = \pm 65$. Dopo ciò la prima delle 1) fornisce un valore già molto approssimato per l'ascissa x , del tutto sufficiente per il calcolo del valore esatto di Y (seconda delle 1) e quindi dell'ascissa corretta X (formola 2) e infine il valore esatto dell'ascissa x (prima delle 1) cioè appunto il valore che occorre conoscere per poter segnare sull'orlo superiore o inferiore della lastra il trattino corrispondente alla data A. R. Se poi le costanti si ammettono come nulle, allora basta calcolare $x = X$ dalla 2) ponendovi $Y = \pm 65$ e $\Delta x = 1^m, 2^m, \dots$; i valori x resterebbero allora gli stessi per tutte le lastre di una medesima zona.

Circa il modo più conveniente di segnare i detti trattini sulla stessa lastra originale della carta, o meglio sulla corrispondente diapositiva, non è difficile immaginare una specie di piccola macchina da dividere con tanti denti, quanti sono i minuti interi che abbraccia la lastra, già disposti molto prossimamente alle giuste distanze, ma suscettibili di piccoli spostamenti laterali. Disponendo sotto il macromicrometro la lastra insieme con questa macchina, non si ha che da portare ciascadente nella posizione calcolata secondo le precedenti formole ed esattamente puntata mediante uno dei fili mobili del macromicrometro, quindi fissare i denti e segnare i tratti tutti insieme, per avere la desiderata indicazione dell'A. R. sull'orlo superiore e inferiore della lastra. S'intende che accanto ai singoli trattini sarà opportuno segnare il minuto d'A. R. corrispondente, e per questo converrà omettere la numerazione corrente dei singoli quadratini da 1 a 26, che può ritenersi del tutto superflua.

(1) V. CERULLI: *Sul lavoro di riduzione delle lastre della fotografia stellare* — Memorie della Soc. degli Spettrosc. Ital. Vol. XXXIII, 1904.

(2) A. BEMPORAD: *Nuove tavole per la trasformazione delle coordinate equatoriali (A. R. e Decl.) in coordinate rettilinee della fotografia celeste*. — Ibidem Vol. XXXIV, 1905.

Questa maniera di segnare i tratti avrebbe il vantaggio indiscutibile di una esattezza assolutamente comparabile a quella delle misure usuali al macromicrometro, ma richiederebbe naturalmente un'opportuna disposizione strumentale e una non lieve spesa di tempo, richiedendosi tante misure, quanti sono i tratti da segnare. Se però ci contentiamo (com'è certo più che sufficiente per l'interpolazione grafica a vista) dell'approssimazione di 1 centesimo di millimetro nella messa a posto dei tratti, allora si può ricorrere alla seguente disposizione molto più semplice.

Si segneranno sopra una lastra di vetro di grandezza uguale a quelle usuali della fotografia celeste (16×16) i tratti corrispondenti ai minuti interi sul bordo superiore e sul bordo inferiore ($\pm 65^{\text{mm}}$). Ammesso un valore medio per l'errore di scala, questi tratti risulteranno gli stessi per tutte le cento e più lastre di una stessa zona (1), e basterà fissare convenientemente la lastra portante i tratti contro la lastra fotografica, ciò che può farsi nel modo più spedito, ponendole ambedue sotto il macromicrometro e misurando la differenza fra un tratto di minuto intero e l'immagine di una o due stelle di posizione nota. Le due lastre così fissate nella giusta posizione si collocheranno poi nella macchina da ingrandimento, e si otterrà quindi la diapositiva coi tratti richiesti senza altro errore residuo che quello della scala. Ora per la pratica fatta col nostro equatoriale fotografico (e certo anche cogli altri di costruzione analoga) l'errore di scala varia pochissimo. Come valori estremi dalla riduzione delle nostre lastre abbiamo ottenuto 0,0004 e 0,0008. Ammettendo quindi $b \approx 0,0006$, l'errore dei tratti più lontani dal centro può salire tutt'al più a $0,0002 \times 65^{\text{mm}} = 0^{\text{mm}},015$.

Se infine si ritiene di poter trascurare anche gli errori di eccentricità e d'orientamento, che sono ridotti in effetto assai piccoli, allora si può ricorrere al procedimento estremamente semplice di imprimere i tratti insieme alle relative numerazioni sulla stessa piastra di rame che serve per la riproduzione, e in tal caso, tutto si riduce ad opere di incidere e non più di astronomo.

Una volta segnati così sui bordi della carta, con uno qualunque dei procedimenti descritti, i tratti corrispondenti ai minuti interi d'A.R., per avere l'A.R. corrispondente ad un'immagine stellare nell'interno della carta stessa, basterà condurre idealmente due rette fra i trattini

(1) Per la zona di Catania si hanno 144 lastre sul parallelo $+47^\circ$ e altrettante sul parallelo $+48^\circ$; 120 lastre su ciascuno dei paralleli susseguenti da $+49^\circ$ a $+54^\circ$. Naturalmente il numero delle lastre (comprendenti 4 gr. quadr. ciascuna) diminuisce sempre più avvicinandosi al polo.

dei minuti interi comprendenti il fuso sferico, in cui cade l'immagine, e con queste rette, aiutandosi anche coi tratti del reticolato rettilineo, sarà facilissimo rilevare ad occhio la frazione di minuto d'A. R. Applicando poi sulla carta una scala ticonica incisa su vetro coi tratti corrispondenti alle diecine di secondo di tempo come quella disegnata nella fig. 1, si potrà anche ricavare a vista il secondo d'A. R. con errore probabile non di molto superiore al secondo, ciò che per una interpolazione grafica è più che sufficiente. Questo procedimento per l'ottenimento a vista delle A. R. è giustificato dal fatto che l'equazione 2) per $\alpha = \text{cost.}$ rappresenta, in coordinate X, Y , e quindi anche nelle x, y , l'equazione di una retta, immagine del circolo di declinazione corrispondente al valore considerato di α .

In quel che precede non ci siamo occupati che della coordinata α , come quella a cui principalmente può rivolgersi l'appunto del prof. Palisa. Quanto alla declinazione, i relativi trattini (per es., di 5' in 5') sui lati destro e sinistro delle singole carte potrebbero in ogni caso venir tracciati con procedimento affatto analogo a quello che abbiamo accennato per l'A. R., ma poichè questi trattini non potrebbero servire come quelli per l'A. R. ad una interpolazione grafica nel campo della lastra, in causa della curvatura dei paralleli, la quale per zone piuttosto lontane dall'equatore (come quella di Catania) si fa abbastanza sensibile, così crediamo che sarebbe preferibile per le declinazioni comunicare in calce alle singole carte gli importi della curvatura (inclusivi eventualmente l'importo degli errori della lastra) a varie distanze dall'asse y , cioè dal tratto centrale del reticolato nella direzione NS.

A guisa d'esempio, comunico qui appresso in centesimi di millimetro, che può ritenersi un'approssimazione più che sufficiente per la interpolazione grafica, i dati numerici per agevolare il calcolo a vista delle α ,

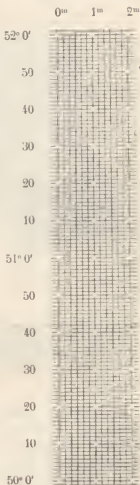


Fig. 1.

δ per una lastra della zona 51° , che supporremo perfettamente centrata, orientata e senza errore di scala.

Coordinate x corrispondenti ai minuti interi d'À. R.

(a partire dal centro della carta) sui lati Nord e Sud del reticolato:

	$\Delta x = 1^m$	2^m	3^m	4^m	5^m	6^m	7^m
Lato Nord ($y = +130^{mm}$)	$x = 18,44$	36,88	55,32	73,76	92,21	110,66	129,11
Lato Sud ($y = -130^{mm}$)	$x = 19,32$	38,64	57,96	77,29	96,62	115,95	135,28

Curvatura dei paralleli:

$\begin{matrix} x \\ y \end{matrix}$	20^{mm}	40	60	80	100	120	140
- 120^{mm}	- 0,02	- 0,13	- 0,30	- 0,54	- 0,85	- 1,24	- 1,69
0	- 0,04	- 0,14	- 0,32	- 0,57	- 0,90	- 1,29	- 1,76
+ 120^{mm}	- 0,07	- 0,16	- 0,35	- 0,61	- 0,94	- 1,35	- 1,84

(Continua).

SATURNO ED I SUOI ANELLI

Presentemente il meraviglioso mondo di Saturno, cinto dei suoi anelli giganteschi, splende fin dalle prime ore della sera ad oriente, nella costellazione dei Pesci con una luce plumbea che lo rende facilmente distinguibile fra le stelle fisse.

La sua opposizione ha luogo il 13 ottobre, epoca in cui il pianeta, trovandosi alla distanza minima dalla Terra presenterà un diametro polare di $18'',4$.

Mentre che la Terra gira attorno al Sole alla distanza di 149 milioni di km., Saturno si rivolge attorno allo stesso luminare a 1400 milioni circa di km., tanto che, per la maggiore estensione della sua orbita, esso compie una rivoluzione completa in 29 anni e mezzo ed in questo spazio di tempo noi lo vediamo fare lentamente, attraverso le inalterabili, per tanti secoli, costellazioni, lungo lo zodiaco, il giro completo

Cronometri da Marina e da Tasca
ULYSSE NARDIN

(PAUL D. NARDIN Successeur)

LE LOCLE & GINEVRA

282 Premi d'Osservatori Astronomici
Grand Prix: Paris 1889-1900; Milano 1906

**Specialità di cronometri a contatti elettrici
per registrare i secondi.**

Fornitore dei seguenti Istituti Scientifici Italiani:

R. Università di Palermo, Gabinetto di Geodesia — R. Osservatorio Astronomico di Torino — R. Osservatorio Astronomico di Padova — R. Osservatorio Astronomico d'Arcetri, Firenze — R. Istituto Idrografico, Genova — R. Istituto Tecnico e Nautico " PAOLO SARPI ", Venezia — R. Istituto Geografico Militare, Firenze.



Avviso ai Soci della Società Astronomica Italiana

La Direzione della *Rivista di Astronomia* ha disponibili ancora alcune copie delle annate arretrate 1907 e 1908, le quali saranno cedute ai Signori Soci della Società Astronomica Italiana, al prezzo di favore di **L. 5** per ogni annata.

Per i non soci esse sono messe in vendita a **L. 10** caduna.



W. WATSON & Fils Fabricants de Lunettes en gros et au détail

Fournisseurs de l'Amirauté Britannique, du Bureau de la Guerre et de plusieurs gouvernements étrangers. — Maison fondée en 1837. — 42 Médailles d'Or, etc.

313, High. Holborn, LONDON (England)

LUNETTES ASTRONOMIQUES

(Munies d'Objectifs Watson-Conrady, 3 types différents)

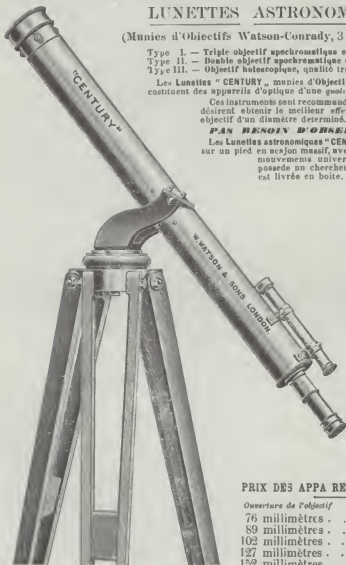
- Type I. — Triple objectif apochromatique ou photo-visuel.
Type II. — Double objectif apochromatique ou photo-visuel.
Type III. — Objectif holo-scopique, qualité très supérieure.

Les Lunettes "CENTURY", munies d'Objectifs Watson Type III constituent des appareils d'optique d'une *qualité sans égale* ! !

Ces instruments sont recommandés aux amateurs qui désirent obtenir le meilleur effet possible avec un objectif d'un diamètre déterminé.

PAS BESOIN D'OBSERVATOIRE ! !

Les Lunettes astronomiques "CENTURY", sont montées sur un pied en acier massif, avec biseau en cuivre mouvement universel; cette lunette, possède un chercheur trois oculaires et est livrée en boîte.



Lunettes astronomiques d'occasion par des fabricants bien connus, toujours prêts à la vente, à de prix modéré. — Lunettes portatives pour voyage. — Jumelles à Prisme avec les grands objectifs. — Toutes choses de la dernière et de la meilleure qualité.

Demandez le Catalogue n. 6 F contenant des renseignements sur tous ces appareils, et, en outre, sur des instruments plus grands et d'autres de construction plus simple.

PRIX DES APPAREILS COMPLETS

Ouverture de l'objectif	Prix
76 millimètres . . .	375 francs
89 millimètres . . .	588 francs
102 millimètres . . .	900 francs
127 millimètres . . .	1.215 francs
152 millimètres . . .	1.940 francs

Agents pour l'Italie: F. BARDELLI e C.^{ia} - Gall. Natta - TORINO

A. C. ZAMBELLI

TORINO - Corso Raffaello, 20  NAPOLI - Via Roma, 28

Costruttore di apparecchi in Vetro e in Metallo per Gabinetti Scientifici. — Specialità Voltametri Hofmann con nuovo sistema di attacco per i reofori e per gli elettrodi. — Specialità in Utensili di Vetro, resistentissimo, detto *Vitrobur*.

Rappresentante per l'Italia delle Case:

ERNST LEITZ di Wetzlar. Costruttrice di apparecchi d'ottica, microscopi, microtomi, obbiettivi fotografici ed apparecchi perfezionati per proiezioni.

SCHMIDT und HAENSCH di Berlino. Costruttori di spettroscopi, spettrofotometri, polarimetri, fotometri e apparecchi per l'insegnamento dell'Ottica.

DISPONIBILE

GUIDE DU CALCULATEUR

(Astronomie - Géodesie - Navigation)

par **J. BOCCARDI**, *Directeur de l'Observatoire Royal de Turin (Italie).*

2 volumes in-folio, se vendent séparément:

1ère partie (X-78 pages). - *Règles pour les calculs en général* 4 fr.
2ème " (VI-150 "). - " " " *spéciaux* 12 .

S'adresser à l'Auteur, ou à la Librairie

A. HERMANN

PARIS - Rue de la Sorbonne, 6 - PARIS

La première partie de cet ouvrage sera très utile à tous ceux qui doivent s'occuper de calculs numériques, dans un but scientifique, commercial, etc. La deuxième est un petit traité d'astronomie pratique, contenant une foule de types de calcul pour la plupart des problèmes d'astronomie, avec une foule de conseils pratiques.

ESSAI SCHÉMATIQUE DE SÉLÉNOLOGIE

par le Doct. **FEDERICO SACCO**

Prof. de Géologie au Polytechnicum de Turin.

Cet ouvrage illustré avec d'excellentes photographies de la Lune est vendu aux membres de la *Società Astronomica Italiana* aux prix de 2 fr. au lieu de 4.

245

ANNUARIO ASTRONOMICO

pel 1909

PUBBLICATO DAL R. OSSERVATORIO DI TORINO

avec Additions

Prix 3 fr.

Cet Annuaire est un supplément à la *Connaissance des temps* et au *Nautical Almanac*. Il contient, entre autres choses, les positions apparentes de 246 étoiles (dont 6 circumpolaires) dont les éphémérides ne sont données par aucun autre Almanach.

del firmamento. Ma la Terra, durante la sua rivoluzione intorno al Sole, mentre si trova in un dato punto del cielo, dopo 6 mesi viene a trovarsi in uno diametralmente opposto rispetto all'astro sfolgorante centrale di tutti i pianeti, per la qual cosa essa si trova annualmente, ora alla massima distanza dello spazio dove con passo lento si muove il vecchio Saturno ed ora alla minima, od in opposizione. È durante le opposizioni che il pianeta in discorso passa al meridiano, od al punto culminante della volta celeste, alla mezzanotte, ed è in questa circostanza che esso si presta meglio alle osservazioni.

*
* *

Appena i primi cannocchiali furono rivolti a Saturno, fu notato in esso, con stupore, una forma strana, indecisa, complessivamente ovoidale, ed a causa dell'insufficienza di penetrazione di quei primitivi strumenti occorsero molti anni prima di giungere alla conoscenza del fenomeno. Galileo, che fu il primo osservatore di questo oggetto celeste, prendeva le due anse dovute all'anello, per due piccoli globi che fossero aderenti alle due parti della sfera saturniana. È noto come egli nascondesse la scoperta sotto un logogrifo: *Altissimum planetam trigeminum observari*. « Io ho osservato il pianeta più elevato trigemello ». Trigemello: tre corpi.

Più tardi egli scriveva all'ambasciatore di Toscana:

« Allorchè io osservo Saturno, la stella centrale sembra la più grande; le due altre situate l'una all'oriente, l'altra all'occidente sembrano toccarla. Sono come due servitori che aiutano il vecchio Saturno a fare il suo cammino e restano sempre ai suoi fianchi ».

Nel 1612, avvenuta la scomparsa dell'anello, fenomeno che ultima mente si ripeté, Galileo si scoraggiò talmente nella sua ricerca che giunse fino a dubitare che le lenti del suo strumento lo avessero ingannato.

Galileo morì senza sapere che l'anello esisteva; più tardi Riccioli, Gassendi, Fontana, si abbandonarono a vane ricerche senza poter giungere mai alla scoperta della sua vera natura, e dopo che furon date a quel pianeta le forme più strane in modo da poterle conciliare con le apparenze, Huygens nel 1659 riportò la vittoria e poté mostrare che l'anello in discorso, come splendida aureola circonda, senza toccare in alcun punto, il globo di Saturno.

Poco tempo dopo, questo astronomo poté scorgere la principale linea di separazione dell'anello, la quale lo divide in due grandi anelli con-